



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 198 38 806 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
G 06 K 9/36
G 01 J 3/46

C1

②1 Aktenzeichen: 198 38 806.3
②2 Anmeldetag: 26. 8. 1998
④3 Offenlegungstag: 2. 3. 2000

DE 198 38 806 A 1

⑦1 Anmelder:
Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der
Wissenschaften e.V., 80539 München, DE

⑦4 Vertreter:
v. Bezold & Sozien, 80799 München

⑦2 Erfinder:
Hub, Andreas, 81377 München, DE; Fromherz,
Peter, Prof. Dr., 80686 München, DE

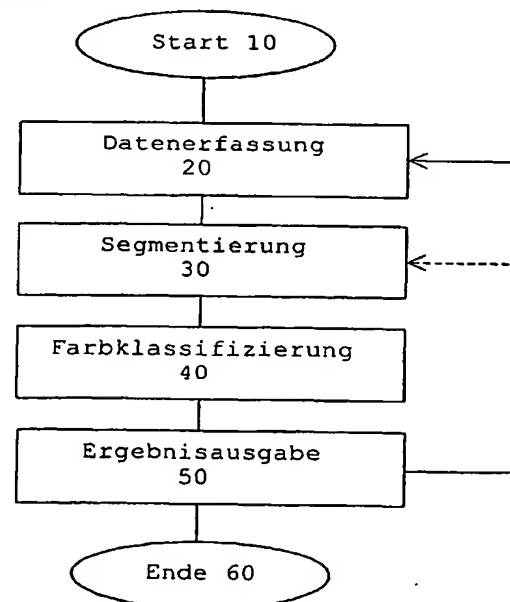
⑤6 Entgegenhaltungen:
Q.CHEN, H.WU, M. YACHIDA: "Face Detection by
Fuzzy
Pattern Matching" Proc. of IEEE Intern. Conference
on Computer Vision, Cambridge, MA, USA,
20.-23.06.
1995;
K.H. FRANKE, H. KEMPE, D. KOLLHOFF, M. GRÄF, J.
WIENECKE, H. OFNER: "Unscharfe
Farbklassifikation
und Strukturbewertung zur Echtzeitsegmentierung
von Mikrodefekten", Mustererkennung 1994, 16.
DAGM
Symposium, Wien, Springer-Verlag, S. 624-633;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung von Objektfarben

⑤7 Bei einem Verfahren zur Objekterfassung, insbesondere zur Farbwahrnehmung, erfolgt eine Daten- oder Bildaufnahme (20), bei der aus einer Abbildung einer Szene Bilddaten ermittelt werden, und eine Farbklassifizierung (40) für mindestens ein vorbestimmtes Objekt, wobei ein für das gesamte Objekt im wesentlichen konstanter, mittlerer Farbparameter mit einem Fuzzy-Clustering-Verfahren und/oder einer Fuzzy-Control-Klassifizierung einer Farbklasse unter einer Vielzahl von Farbklassen in einem vorbestimmten Farbraum zugeordnet wird.



DE 198 38 806 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Verfahren zur optischen Objekterfassung, insbesondere zur Erfassung von Objektfarben, aber auch zur Erfassung geometrischer Objekteigenschaften, wie z. B. die Größe, Position und Entfernung von Objekten in einer Bildszene, und Vorrichtungen zur Anwendung der Verfahren.

Das menschliche visuelle System ist dazu eingerichtet, in Bruchteilen von Sekunden beim Beobachter Eigenschaften einzelner Objekte oder Segmente im Gesichtsfeld bewußt werden zu lassen. Die betrachteten Objekte werden durch Informationen über die Farbe, Größe und Entfernung und dgl. erfaßt, wodurch insbesondere ein sicheres Bewegen im Raum ermöglicht wird. Die visuelle Objekterkennung erfolgt durch eine Erfassung von Objekt- oder Segmentgrenzen und eine Zuordnung von Objektfarben, denen auf der Grundlage der Erfahrung eine bestimmte Bezeichnung zugeordnet wird. Es wird heute davon ausgegangen, daß die Erkennung von Objektfarben und Objektgrenzen durch das menschliche Gehirn in gegenseitiger Wechselwirkung steht. Im Falle von Störungen im visuellen System (z. B. bei Blindheit oder Farbenblindheit) wird die Objekterkennung ganz oder teilweise beeinträchtigt, woraus sich z. B. Orientierungsprobleme ergeben.

Es sind verschiedene Systeme bekannt, um blinden oder sehgeschwachen Personen die Erkennung von Gegenständen oder deren Betrachtung zu ermöglichen oder zu erleichtern. Auf der Grundlage des Global Positioning System (GPS-System) wurde ein "Personal Guidance System" genanntes, satellitengesteuertes Leitsystem entwickelt, mit dem sich Personen mit Sehstörungen mit Hilfe eines elektronischen Kompaß wichtige Orte wie z. B. Bushaltestelle oder Telefonzellen orten lassen können. Bei diesem System erfolgt keine Objekterkennung. Es ist nur für Objekte anwendbar, die in den systeminternen Topografien gespeichert sind. Damit ist das GPS-System auf spezielle Anwendungen, z. B. im öffentlichen städtischen Raum, beschränkt und beispielsweise in engen, geschlossenen Räumen mit zahlreichen, ggf. beweglichen Gegenständen nicht nutzbar.

Es ist ferner ein als Sehhilfe für Personen mit reduzierter Sehleistung, kommerziell angebotenes Farberkennungsgerät bekannt ("Color Test 150", Anbieter Care Tec Deutschland GmbH), bei dem punktweise eine Farbmessung erfolgt, deren Ergebnisse (Farbton, Helligkeit und Sättigung des vermessenen Punktes) über einen Lautsprecher ausgegeben werden. Die lokal auf wenige Quadratmillimeter eng begrenzte Farbmessung besitzt die folgenden Nachteile.

Die menschliche Farbwahrnehmung in Bezug auf einen bestimmten Bereich im Gesichtsfeld (Punkt, Objekt, Segment) ist einerseits von rein lokalen Eigenschaften dieses Bereichs abhängig (hauptsächlich vom lokalen Reflektionsgrad und von der spektralen Energieverteilung der Beleuchtung bzw. bei Selbstleuchtern von der ausgesandten Strahlung). Andererseits ist die menschliche Farbwahrnehmung auch von der Umgebung des betrachteten Bereiches abhängig. So läßt sich z. B. allein durch Änderung der Umgebung die wahrgenommene Farbe beeinflussen, was sich beispielsweise beim simultanen Farbkontrast bzw. bei der Farbinduktion und in extremer Form beim sogenannten Land-Effekt zeigt. Der Umgebungseinfluß auf die wahrgenommenen Farben eines bestimmten Bereiches nimmt mit zunehmenden Abstand ab. Die unmittelbare Umgebung ist somit von besonderer Bedeutung für die Farbwahrnehmung. In welcher Weise die Gradienten, die durch die Form von Objekten oder durch Inhomogenitäten der Beleuchtung hervorgerufen werden, sich auf die Farbwahrnehmung auswirken, ist bislang nur teilweise geklärt.

Beim lokal messenden Farberkennungsgerät werden die Umgebungsfarben nicht berücksichtigt, so daß die Farbwahrnehmung im allgemeinen verfälscht angegeben wird.

Außerdem muß das Farberkennungsgerät in die Nähe des zu messenden Objektes gebracht werden. Die Messungen beziehen sich nur auf die implementierten Lichtarten, so daß bereits die lokale Farbmessung starken Einschränkungen unterworfen ist. So schließt eine Punktmessung aus, daß zwischen Objekt- und Beleuchtungsfarbe unterschieden werden kann, sofern nicht eines von beiden bekannt ist. Für Farbwahrnehmungen, die stark von der Umgebung abhängen, wie z. B. "Braun" oder "Grau", kann das Gerät bauartbedingt keine richtigen Ergebnisse liefern.

Weitere Nachteile des herkömmlichen Farberkennungsgerätes bestehen darin, daß keine Angaben über geometrische Objekteigenschaften wie z. B. die Objektgröße oder die Entfernung bestimmter Objekt im Raum geliefert können. Außerdem ist es nicht möglich, Farben des Hintergrundes (z. B. des Himmels bzw. von Hintergrundsegmenten) zu vermessen.

Das Interesse an einer Farberkennung, mit der die menschliche Farbwahrnehmung simuliert wird, ist nicht auf das Gebiet der Sehhilfen beschränkt. Es besteht vielmehr auch im Bereich der Druck-, Lebensmittel- und Chemieindustrie sowie im Graphik- und Designbereich ein Bedarf an möglichst objektiven Mitteln zur Objekterfassung, insbesondere zur Farberfassung an farbigen Produkten.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, verbesserte Verfahren zur optischen Objekterfassung anzugeben, die insbesondere eine Farbangebe zu einem erfaßten Objekt ermöglichen, die möglichst genau und reproduzierbar an die menschliche Farbwahrnehmung angepaßt ist und die einen erweiterten Anwendungsbereich in Bezug auf erfassbare Objekte und/oder die technischen Anwendungsmöglichkeiten besitzen. Die Aufgabe der Erfindung ist es auch, Vorrichtungen zur Implementierung derartiger Verfahren anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 bzw. 12 gelöst. Ausführungsformen und Verwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt insbesondere eine Daten- oder Bildaufnahme, eine Bildsegmentierung, bei der ein bestimmtes Objekt oder Bildsegment aufgrund eines für dieses Objekt im wesentlichen unveränderlichen Bildparameters von benachbarten Objekten abgegrenzt wird, und eine Klassifizierung der Objektfarbe durch Zuordnen von Farbparametern des segmentierten Objekts zu einem bestimmten Farbwert in einem Farbraum. Die Bildaufnahme erfolgt vorzugsweise mit einer Bildaufnahmeeinrichtung, die zur Abbildung einer Objektanordnung in einer Szene und zur Bereitstellung vollständiger Bilddaten (Helligkeits- und/oder Farbwerte) des aufgenommenen Bildes, vorzugsweise in digitalisierter Form, eingerichtet ist. Der zur Bildsegmentierung bevorzugt herangezogene Bildparameter ist der Farbton. Gemäß bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung erfolgt die Objektklassifizierung unter Verwendung von Methoden der Fuzzy-Logik, wie z. B. Fuzzy-Clustering und/oder Fuzzy-Control.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung erfaßt eine Daten- oder Bildaufnahmeeinrichtung, z. B. eine Digitalkamera, eine Segmentierungseinrichtung, eine Klassifizierungseinrichtung und eine Ausgabeeinrichtung.

Unter optischer Objekterfassung wird hier die Erfassung der Farbe, Größe, Position und/oder Entfernung vom Betrachter bzw. von der Bildaufnahmeeinrichtung für ein Objekt in einer abgebildeten Szene verstanden. Ein Objekt ist ein im zweidimensionalen Bild aufgrund eines bestimmten Bildparameters von der Umgebung unterscheidbarer Aus-

schnitt (Segment).

Bevorzugte Anwendungen der Erfindung liegen im Bereich der Erstellung von Sehhilfen und von Meßgeräten für die Druck-, Lebensmittel- und Chemietechnik sowie im Graphik- und Designbereich. Bei der erfindungsgemäß Objekterfassung als Sehhilfe wird neben der genannten Klassifizierung der Objektfarbe auch eine Klassifizierung geometrischer Objektparameter oder eine Objekterkennung (z. B. Schrifterkennung) vorgenommen. Die Ausgabeeinrichtung ist für sehbehinderte Personen vorzugsweise durch einen Lautsprecher gegeben.

Die Erfindung besitzt die folgenden Vorteile. Mit dem erfindungsgemäßen System wird reproduzierbar ein Zusammenhang zwischen physikalischen (photometrischen) Meßgrößen und der menschlichen Farbwahrnehmung hergestellt. Die Erfindung besitzt einen breiten Anwendungsbereich und ist insbesondere gut für Applikationen bei Alltagssituationen anwendbar. Es wird eine Farberkennungseinrichtung geschaffen, die neben den photometrischen Meßdaten auch erlaubt, Eigenschaften der Neurologie, Physiologie und Psychologie des Sehens sowie linguistische, semantische und kulturelle Aspekte der Farbwahrnehmung zu berücksichtigen. Es wird eine zuverlässige Sehhilfe für Blinde oder Farbfehlsichtige geschaffen, mit der auch vom Betrachter entfernt angeordnete Objekte sicher erfaßt und klassifiziert werden können. Es ist möglich, sowohl die Farbwahrnehmung als auch die Größen-, Positions- und Entfernungsbestimmung in einem Gerät zu integrieren. Es ist die Erfassung verhältnismäßig komplexer realer Szenen, auch in kleinen, geschlossenen Räumen mit einer Vielzahl von Objekten möglich. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann aus an sich, kommerziell verfügbaren Komponenten aufgebaut sein, so daß das System kostengünstig hergestellt werden kann. Die erfindungsgemäße Vorrichtung läßt sich miniaturisieren, so z. B. bis hin zum Aufbau einer wie eine Brille getragenen Sehhilfe, wobei die Ausgabeeinrichtung als Ohrhörer implementiert wird. Die Erfindung ist in der Farbforschung (Entwicklung von Farbräumen und Wahrnehmungsmodellen) anwendbar und für spezielle Anwendungen bei Verwendung der Fuzzy-Logik-Methoden optimal adaptierbar.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden unter Bezug auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 ein Flußdiagramm zur Illustration des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 ein Flußdiagramm zur Illustration einer Daten- oder Bilderfassung,

Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Illustration einer Segmentierung,

Fig. 4 ein Flußdiagramm zur Illustration von Fuzzy-Methoden,

Fig. 5 ein Bildbeispiel zur Illustration der Segmentierung,

Fig. 6 einen dreidimensionalen RGB-Farbraum mit acht Hypersphären und zugehörigen Cluster-Zentren, und

Fig. 7 eine Blockdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die Erfindung wird im folgenden am Beispiel eines Systems zur Objekterfassung beschrieben, das als Sehhilfe eingerichtet ist. Bei anderen Anwendungen der Erfindung werden die erläuterten Verfahrensweisen analog implementiert, wobei jedoch ggf. Modifizierungen in Bezug auf die Datenerfassung und die Ergebnisausgabe erfolgen.

Entsprechend der Übersichtsdarstellung gemäß Fig. 1 erfaßt ein erfindungsgemäßes Verfahren die Schritte Datenerfassung 20, Segmentierung 30, Farbklassifizierung 40 und Ergebnisausgabe 50. Vor Beendigung des Verfahrens (Ende 60) erfolgt je nach dem Klassifizierungsergebnis ggf. zeit-

gleich vor oder simultan zur Ergebnisausgabe ein Rücksprung zur Datenerfassung 20 oder Segmentierung 30, um ggf. eine Fokussierung auf ein bestimmtes Objekt oder eine veränderte Segmentierung vorzunehmen. Einzelheiten der Schritte 20 bis 40 sind in den Fig. 2 bis 4 dargestellt.

Die Datenerfassung 20 (oder Bilderfassung) umfaßt gemäß Fig. 2 zunächst einen Systemabgleich 21, bei dem eine Bildaufnahmeeinrichtung (z. B. Digitalkamera oder Scanner) zur folgenden Bildaufnahme 22 vorbereitet wird. Der Systemabgleich 21 umfaßt beispielsweise bei kommerziell verfügbaren Kameras einen automatischen Weißabgleich (Abstimmung auf die verwendete Lichtart – z. B. Kunst- oder Tageslicht, wobei beispielsweise der hellste Bildpunkt als weiß bzw. als Farbe der Lichtquelle interpretiert wird) oder eine automatische Belichtungsmessung in Kombination mit einer Verstärkungssteuerung (z. B. Abstimmung unter der Voraussetzung, daß dem hellsten Bildpunkt die größtmöglichen Farbwerte zugewiesen werden). Mit derartigen Formen des Systemabgleichs ist in der Regel eine ausreichende Reproduktion der Farben der aufgenommenen Szene möglich. Der Systemabgleich 21 kann jedoch speziell angepaßte Algorithmen oder Eichungen verwenden, um die Bildaufnahme auf kontrastarme Szenen oder auf Bildszenen mit extremer Beleuchtung abzustimmen.

Beim Systemabgleich 21 kann auch eine Entfernungsmessung durchgeführt werden. Hierzu wird beispielsweise ein kamerainternes, auf Kontrastbeziehungen basierendes Autofocus-System oder auch für Präzisionsmessungen eine laser-basierte Entfernungsmessung verwendet.

Nach der eigentlichen Bildaufnahme 22 zur Erstellung eines digitalen Farbbildes (Belichtungs- oder Scan-Vorgang) folgt die Bilddatenerzeugung 23 durch Bildung eines Datensatzes, der die Rot-, Grün- und Blauwerte (R-, G-, B-Werte) jedes Pixels des digitalen Farbbildes, die jeweils diskrete Werte zwischen einem minimalen und einem maximalen Wert annehmen können, umfaßt. Die Bilddaten umfassen somit drei Farbebenen mit den R-, G-, B-Werten eines jeden Pixels. Die Pixelzahl eines mit einer Kamera aufgenommenen Digitalbildes beträgt beispielsweise $740 \cdot 568$ Pixel. Die Digitalisierungstiefe beträgt z. B. 24 Bit (8 Bit pro Farbkanal); was rund 16,7 Millionen Farben entspricht. Parameter der digitalen Bildverarbeitung wie beispielsweise die Pixelzahl oder die Digitalisierungstiefe können jedoch anwendungsabhängig variiert werden.

Bei der Segmentierung 30 erfolgt gemäß Fig. 3 zunächst eine Farbtransformation 31 von den einzelnen R-, G- und B-Ebenen des Farbbildes in einen an die weitere Segmentierung (s. unten) angepaßten Farbraum. Die Farbtransformation 31 ist anwendungsabhängig ein fakultativer Schritt, der jedoch aus den folgenden Gründen bei der Implementierung der Erfindung als Sehhilfe bevorzugt realisiert wird.

Die Betrachtung der einzelnen R-, G- und B-Ebenen eines Farbbildes zeigt, daß der RGB-Farbraum nur beschränkt zur sprachüblichen Charakterisierung von Farben und zur Bildsegmentierung geeignet ist. So kann beispielsweise aus den R-, G- und B-Anteilen eines Objekts nur unter wohldefinierten Bedingungen auf die wahrgenommene Farbe rückgeschlossen werden. Da die im RGB-Bild enthaltenen Informationen die Objekte in Bezug auf die Farbe und (abgesehen von der Dimensionsreduzierung bei 2D-Bildern) auch Geometrie vollständig charakterisieren, besteht das Ziel der Farbtransformation 31 darin, diese Informationen in einen optimalen auswertbaren Parameterraum (Farbraum) zu übertragen.

Die Farbtransformation 31 der RGB-Werte kann beispielsweise eine lineare Transformation z. B. in CIE-XYZ-Werte oder in Farbwerte, die den Zapfensignalen im Auge entsprechen (LMS-Signale) oder nichtlineare Transforma-

tionen in Farbräume umfassen, die der menschlichen Wahrnehmung und der üblichen farblichen Beschreibung der Farbwahrnehmung besser angepaßt sind. Diese Farbräume umfassen beispielsweise den HSL-Raum (Farbton-Sättigung-Helligkeit oder Hue-Saturation-Lightness-Raum), einen HSV-Raum, den CIE-L*a*b*- oder CIE-L*h_{ab}C*_{ab}-Raum, den CIE-L*u*v*-Raum oder dgl. Die Farbtransformation 31 kann auch in jüngst entwickelte Farbwahrnehmungsräume (entsprechend den sog. "Color Appearance"-Modellen, wie das CIE-CAM '97 nach R. W. G. Hunt, oder den RLAB-Raum nach M. D. Fairchild) mit Dimensionen wie "Brightness", "Lightness", "Colorfulness", "Chroma", "Hue", oder "Saturation" führen (s. hierzu auch Mark D. Fairchild "Color Appearance Models", Edison-Wesley, 1998).

Nach der Farbtransformation 31 erfolgt im Zielfarbraum eine Parameterwahl 32, bei der eine Dimension oder ein Parameter des Zielfarbraumes ausgewählt wird, der innerhalb eines Objekts oder Segments nahezu konstant ist und sich an Objektgrenzen möglichst stark ändert. Diese Parameterwahl 32 erfolgt somit anwendungsabhängig je nach gewähltem Zielfarbraum.

Die Segmentierung 30 erfolgt vorzugsweise mit einer Farbtransformation 31 vom RGB-Bild in den HSV- oder L*h_{ab}C*_{ab}-Raum, wobei als bevorzugter Parameter der H-Wert (Farbton oder Hue-Wert) gewählt wird. Der H-Wert zeigt sich innerhalb eines einfarbigen Objekts in einer dreidimensionalen Szene ausreichend konstant. Die Segmentierung erfolgt daher vorzugsweise in der Farbton-Ebene, in der sich die Objekte bzw. Hintergrundbereiche besonders effektiv voneinander trennen lassen.

Im weiteren Verfahren erfolgt zunächst die Startpixelwahl 33. Ein bestimmtes Pixel der Szene in der Farbton-Ebene wird als Startpixel für die weitere Segmentierung ausgewählt. Eine typische Wahl ist beispielsweise ein Pixel in der Bildmitte oder in einem vorher ermittelten Bereich. Dieser vorher ermittelte Bereich zeichnet sich beispielsweise durch besondere Bildmerkmale aus, die eine Unterscheidung eines Objekts von der jeweiligen Umgebung z. B. aufgrund des Farbtons, des Kontrasts, der Helligkeit oder dergleichen erlauben. Die Segmentierung kann auch dahingehend modifiziert sein, daß nicht ein bestimmtes Objekt ausgewählt wird, sondern daß das gesamte Bild segmentiert wird. Das komplette Digitalbild wird wie folgt in relevante Segmente eingeteilt. Das Bild wird vollständig in ein zu bestimmendes Objekt (eine zusammenhängende Pixelfläche) und dessen Umgebungssegmente sowie eventuelle Löcher segmentiert. Mittels Gewichtung der Umgebungssegmente und Löcher (hier gehen die Entfernung, Größe, Position und Kontrast usw. bezüglich des zu bestimmenden Objektes ein) wird unter Verwendung von Fuzzy-Control-Klassifizierungsverfahren die wahrgenommene Farbe berechnet. Anschließend erfolgt ggf. die Bewertung und Klassifizierung jedes weiteren Segments in Bezug auf alle anderen Segmente z. B. mit dem Fuzzy-Control-Verfahren, wie es unten erläutert wird.

Beim nachfolgenden Segmentwachstum 34 werden zuerst die an das Startpixel angrenzenden Pixel erfaßt, deren H-Wert eine Differenz vom H-Wert des Startpixels zeigt, die kleiner als ein vorbestimmter Schwellwert ist. Anschließend werden die angrenzenden Pixel der beim ersten Schwellwertvergleichsschritt ermittelten Nachbarpixel des Startpixels untersucht, ob der H-Wert innerhalb eines vorbestimmten H-Intervalls um den H-Wert des Startpixels liegen. Durch diese Schwellwertvergleichsschritte erfolgt ausgehend vom Startpixel das Wachstum einer Pixelgruppe bis an die Grenzen des entsprechenden Objekts, in dessen Abbildungsbereich der Startpixel liegt, da an den Grenzen die H-Werte stärker als die zugelassene Toleranz (H-Intervall) ver-

änderlich sind.

Es wurde festgestellt, daß die beim Segmentwachstum 34 ausgewählten Bereiche in der Regel gut mit Grenzen oder Segmentgrenzen des Hintergrundes übereinstimmen. Außerdem hat sich gezeigt, daß bei diesem Segmentwachstum Reflexe der Lichtquelle (häufig weiß) nicht mit ausgewählt oder segmentiert werden, selbst wenn sie innerhalb des betrachteten Objektes liegen. Dies ist ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, da sich die Klassifizierung der Farbwahrnehmung unabhängig von Reflexen in vielen Fällen als vorteilhaft erweist, da sich Reflexe nachteilig auf die Mittelwertbildung bzw. Integration über die Objektfläche auswirken. Es ergeben sich zwar Einschränkungen bei der Ausgabe der Objektausdehnung, die bei praktischen Anwendungen als Sehhilfe jedoch in der Regel von geringer Bedeutung sind, was im Einzelfall vom Bildinhalt abhängen kann.

Bei der folgenden Beurteilung 35 wird das ermittelte Segment oder Objekt in Bezug auf seine geometrischen Eigenschaften bewertet. Falls ein ausgewähltes Objekt bestimmten Randbedingungen nicht genügt, die zuvor festgelegt werden, z. B. wenn der gesamte Bildinhalt oder nur ein Pixel ausgewählt ist, so besteht die Möglichkeit eines Rücksprungs zur Parameterwahl 32 und/oder zur Startpixelwahl 33. Diese Schritte können mit dem Segmentierungswachstum 34 und einer Beurteilung 35 so oft wiederholt werden, bis ein ausreichend bestimmtes Ergebnis vorliegt. Anschließend erfolgt eine Grenzermittlung 36. Dabei wird die äußere bzw. innere Umrandung des gewachsenen Objekts als Datensatz ermittelt. Die Objektsegmentierung umfaßt somit die Ermittlung aller Bildpunkte innerhalb der Umrandung.

Fig. 5 zeigt beispielhaft eine bei Abbildung einer Ampel 50 (in der Originalvorlage: rote Farbe des Ampelmännchens) ermittelte Grenze 51 des durch die Figur gebildeten Bereiches gleichen Farbtons.

Das hier vorgestellte Segmentierungsverfahren eignet sich vorteilhafterweise auch für reale komplexe Szenen mit dreidimensionalen Objekten. Falls die betrachteten Szenen in der Farbton-Ebene keine Informationen über die Objektgrenzen liefern, so müssen Informationen aus anderen Ebenen des jeweiligen Farbraumes oder sogar aus anderen Farbräumen hinzugezogen werden. Hierzu ist beispielsweise ein Rücksprung vom Beurteilungsschritt 35 zur Farbtransformation 31 implementierbar.

Die Objektsegmentierung gemäß Fig. 3 ist kein zwingendes Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens. Anwendungsabhängig kann die Segmentierung vollständig unterlassen oder durch einen anderen Segmentierungsvorgang ersetzt werden, bei dem Objekte und Segmentgrenzen nicht aufgrund der Farbe sondern mit anderen Merkmalen erkannt werden (z. B. Segmentierung durch Beobachtung zeitabhängiger Positionsänderungen von Objekten oder der Kamera oder durch Verwendung von Kanten-Detektionsalgorithmen (z. B. Gradientenverfahren)).

Bei der Segmentierung könnten dann auch Angaben über die Objektgeschwindigkeit, Bewegungsrichtung, Beschleunigung und dergleichen als Ergebnis geliefert werden.

Im folgenden wird die Klassifizierung 40 der Objektfarbe (s. Fig. 1) unter Bezugnahme auf das Flußdiagramm gemäß Fig. 4 und die Darstellung der Cluster-Zentren im RGB-Farbraum gemäß Fig. 6 erläutert. Zur Farbklassifizierung werden Methoden der Fuzzy-Logik verwendet. Hierzu zählen insbesondere die im folgenden als Fuzzy-Clustering bezeichnete einfache Cluster-Zuordnung und die im folgenden als Fuzzy-Control bezeichnete komplexere Cluster-Zuordnung.

Ausgangspunkt der Klassifizierung ist das Fuzzy-Clustering. Die Kombination mit Fuzzy-Control oder die iterative, wiederholte Abarbeitung beider Verfahrensweisen (zur Er-

zeugung von Unterklassen übergeordneter Hauptklassen) sind fakultativ zur Verbesserung des Verfahrens realisierbar. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist jedoch auch Fuzzy-Control, das genauere Farbwahrnehmungsangaben ermöglicht, alleine und ohne das vorherige Fuzzy-Clustering implementiert, was zwar schneller Farbwahrnehmungsangaben ermöglicht, dies jedoch mit einer größeren Einteilung.

Beim Fuzzy-Clustering werden vorbestimmte Bezugs-Farb Räume in unscharfe Hypersphären eingeteilt, in deren Zentren jeweils die wichtigsten Repräsentanten einer Wahrnehmungsklasse liegen. Dies bezieht sich beispielsweise auf Farbton-, Helligkeits- oder Sättigungsklassen oder auf die von Berlin und Kay entdeckten elf Farbklassen bezüglich der Benennung von Farben. Einem segmentierten Objekt wird dann ein Farbmerkmal durch dessen Lage in Bezug auf die Hypersphären bzw. die Cluster-Zentren zugeordnet. Bei der Fuzzy-Control-Klassifizierung erfolgt diese Zuordnung zusätzlich unter Berücksichtigung von weiteren, komplexen Merkmalen der Szene, wie z. B. den Farbwerten von Umgebungsobjekten, Kontrastbeziehungen zu anderen Bildsegmenten, Abhängigkeiten von der Beleuchtung und dgl. Die mathematischen Grundlagen zu den Verfahren Fuzzy-Clustering und Fuzzy-Control sind an sich bekannt und werden beispielsweise in den Büchern von H. Kiendl ("Fuzzy Control methodenorientiert", Oldenbourg Verlag, 1997), H. R. Tizhoosh ("Fuzzy Bildverarbeitung, Einführung in Theorie und Praxis"), Springer Verlag, 1998, und L. A. Zadeh ("Fuzzy sets", in: "Information and Control" 8, 1965, 338-353) beschrieben.

Zusätzlich zu Fuzzy-Clustering und Fuzzy-Control können erfindungsgemäß sogenannte neuronale Fuzzy-Systeme implementiert werden, die lernfähig sind und nach entsprechenden Trainingsvorgängen Bildszenen verarbeiten können, die nicht vorher gelernte Bilddatensätze beinhalten. Der besondere Vorteil der Fuzzy-Control-Klassifizierung besteht darin, daß anwendungsabhängig eine beliebige Genauigkeit allein durch die Anzahl der berücksichtigten Regeln erzielt werden kann, ohne den bereits erzielten Präzisionsgrad zu verringern. Die Fuzzy-Control-Klassifizierung erlaubt beliebig viele Fallunterscheidungen unter Verwendung der unten erläuterten "WENN-DANN-Regeln". Außerdem erlauben Fuzzy-Control-Verfahren eine Simulation des visuellen Wahrnehmungsprozesses analog zum Gehirn, wobei die Verarbeitung in verschiedenen Stufen erfolgt, die im Gehirn der Retina, den sogenannten seitlichen Kniehöckern, dem primär visuellen Cortex, höheren Cortex-Ebenen, mit Modulen für Form, Farbe und Bewegung und dgl. zugeordnet werden können. Zwischen diesen Strukturen bzw. beim Fuzzy-Control-Verfahren zwischen den Merkmalsdimensionen besteht ein ständiger Informationsaustausch mit Zugriffen und Rückkopplungen zu den verschiedenen Verarbeitungsstufen.

Gemäß Fig. 4 wird beim Fuzzy-Clustering 41 wie folgt vorgegangen. Nachdem wie oben beschrieben zur Segmentierung des digitalen Bildes einer Videokamera unter Verwendung der Farbtonebene die Fläche um einen Startpixel in Richtung aller angrenzenden Pixel ausgedehnt wird, bis ein vorbestimmter Farbtendifferenz-Schwellwert überschritten ist, und damit ein bestimmter, einem Objekt oder Segment zugeordneter Bildbereich festgelegt ist, werden die Bildpunkte dieses segmentierten Bildbereiches im RGB-Raum betrachtet. Bei der RGB-Mittlung 42 werden alle zum Bildbereich gehörenden RGB-Werte gemittelt und zu einem Tripel aus RGB-Werten zusammengefaßt. Dieses Tripel mittlerer RGB-Werte besitzt eine bestimmte Position im RGB-Farbraum, der wie folgt in acht Objektfarbklassen (Hypersphären) eingeteilt ist.

Fig. 6 zeigt beispielhaft den RGB-Farbraum mit den acht Objektfarbklassen Schwarz, Weiß, Rot, Grün, Gelb, Blau, Cyan und Violett. Die Cluster-Zentren finden sich an den Ecken eines Würfels (RGB-Würfels). Bei dem in Fig. 6 gezeigten RGB-Würfel gehört z. B. das RGB-Tripel mit den Werten (0/0/0) zu 100% zur Farbklass "Schwarz". Dementsprechend wird ein Zugehörigkeitswert ermittelt, der die Zugehörigkeit eines bestimmten Tripels zu einer Farbklass mit einer %-Angabe beschreibt. Der Zugehörigkeitswert μ für das Tripel (0/0/0) beträgt beispielsweise für die Klasse "Schwarz" $\mu = 1$ und für alle anderen Farbklassen $\mu = 0$. Die Zugehörigkeitswerte μ werden beim Fuzzy-Clustering unter der Nebenbedingung ermittelt, daß sich die Zugehörigkeitswerte eines Tripels in Bezug auf alle Farbklassen zu 1 addieren. Die Berücksichtigung einer solchen Nebenbedingung ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Die Zugehörigkeitswerte μ werden beispielsweise nach dem sogenannten "Fuzzy-c-Means"-Algorithmus (FCM) berechnet, der eine unscharfe Klassifizierung erlaubt (s. R. H. Tizhoosh in "Fuzzy-Bildverarbeitung. Einführung in Theorie und Praxis", Springer Verlag 1998, S. 106 ff.). Bei der Cluster-Ermittlung am RGB-Würfel werden beispielsweise folgende relevante Parameter vorgegeben:

- Anzahl der Klassen: 8
(Schwarz, Weiß, Rot, Grün, Blau, Gelb, Cyan, Violett)

Alternativ wäre eine Entwicklung auf elf Farbklassen (gegebenenfalls unter Berücksichtigung des Umfeldes mit Fuzzy-Control-Klassifizierung) möglich (Schwarz, Weiß, Rot, Grün, Blau, Gelb, Violett, Rosa, Orange, Braun, Grau).

- Anzahl der Merkmale der einzelnen Objekte: 3
(R-, G-, B-Werte)
- Wichtungsexponent (Maß für die Unschärfe): 2
- Initialisierungsmatrix: Einheitsmatrix
- Abbruchschwelle: 0.001

Die Nebenbedingung, daß die Summe aller Zugehörigkeitsgrade $\mu = 1$ ist, kann bei Modifizierung des Fuzzy-Clustering-Verfahrens (z. B. Ansatz nach dem "Possiblistic c-Means"-Verfahren) fallengelassen werden.

Das FCM-Verfahren ist auf kugelförmige Hypersphären beschränkt. Es können alternativ andere Fuzzy-Clustering-Verfahren vorgesehen sein, deren Sphären kompliziertere Formen umfassen. Dies ist von Vorteil, da die menschliche Farbwahrnehmung nicht vollständig mit kugelförmigen Hypersphären beschrieben werden kann. Eine weitere Verbesserung der Farbwahrnehmungsangabe wird durch die Implementierung der Fuzzy-Control-Klassifizierung (s. u.) erreicht.

Nach der RGB-Mittlung 42 erfolgt somit die Ermittlung der Zugehörigkeitswerte μ (43). Ein RGB-Tripel kann beispielsweise für ein konkretes Objekt die folgenden Zugehörigkeitswerte besitzen: Schwarz: 0,1, Weiß: 0,2, Rot: 0,5, Grün: 0,0, Gelb: 0,1, Blau: 0,0, Cyan: 0,0, Violett: 0,1.

Im weiteren Verfahren erfolgt die Ermittlung des maximalen Zugehörigkeitswertes μ_{\max} (44). Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung wird als Ergebnis für die Objektfarbe des segmentierten Objekts der Name der Farbklass mit dem größten Zugehörigkeitswert μ_{\max} angegeben. Dies ist beim o. g. Beispiel der Zugehörigkeitswert $\mu = 0,5$, so daß sich die Objektfarbe "Rot" ergibt. Dieses Ergebnis wird dann mit der Datenausgabe 45a zur weiteren Verarbeitung vorbereitet. Alternativ kann vorgesehen sein, daß zusätzlich die Farbklass mit dem zweitgrößten Zugehörigkeitsgrad μ ausgegeben wird, falls die Differenz zwischen dem ersten (größten) und zweiten (zweitgrößten) Zugehörig-

keitsgrad kleiner als ein vorbestimmter Schwellwert ist. Die Ergebnisausgabe würde dann beispielsweise lauten "Rot-Weiß".

Gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung schließt sich an das Fuzzy-Clustering die weitere Klassifizierung durch Fuzzy-Control 46 statt, wie es unten im einzelnen erläutert wird. Die hier beschriebene Klassen- oder Clusterzuordnung erfolgt unter dem beispielhaften Bezug auf den RGB-Raum. Die Wahl des zum Fuzzy-Clustering herangezogenen Farbraumes ist anwendungsabhängig modifizierbar. Entsprechendes gilt für die genaue Lage der Cluster-Zentren (Zentren der Hypersphären oder Farbklassen) im Farbraum. Es ist vorzugsweise vorgesehen, die Lage der Cluster-Zentren auf der Grundlage von Expertenwissen vorzugeben oder anhand von Beispielen zu bestimmen. Ferner muß die exakte Form der Hypersphären im Farbraum anwendungsabhängig gewählt werden. Es ist möglich, durch Hinzunahme weiterer Dimensionen bzw. durch Verschieben der Cluster-Zentren und durch Verwendung verschiedener Clusteralgorithmen im Raum der Hypersphären eine Anpassung des Fuzzy-Clustering an die konkrete Wahrnehmungsanwendung vorzunehmen. Dabei kann auch iterativ anhand von Bezugsobjekten mit definierten Farben vorgegangen werden. Die Zahl der Hypersphären läßt sich gegenüber dem Beispielwert 8 erhöhen oder erniedrigen.

Bei der folgenden Fuzzy-Control-Klassifizierung 46 werden wie beim Fuzzy-Clustering 41 die Farbwerte des ausgewählten oder segmentierten Objekts betrachtet. Im Rahmen der Schritte 47a, 47b, 47c . . . werden Zusatzparameter ermittelt, die bei der späteren Regelung oder Zuordnung von Farb-Clustern berücksichtigt werden sollen. Zu diesen Zusatzparametern zählen beispielsweise die Umgebungsfarben (47a) (hierzu wird das gesamte Bild segmentiert), die Beleuchtung (47b), Positionsparameter (47c), zusätzliches Expertenwissen (47d) und dgl. Zu den Beleuchtungsparametern (47b) zählen beispielsweise die Beleuchtungsart (Spotbeleuchtung, homogene Beleuchtung, mehrere Lichtquellen o. dgl.), Farbwerte der Beleuchtung und die Beleuchtungsrichtung. Die Positionsparameter können sich auf die geometrische Anordnung der Objekte oder Abstandsinformationen oder dgl. beziehen. Das zusätzliche Expertenwissen kann beispielsweise aus der Verteilung der Farbwerte extrahiert oder über zusätzliche Geräte erfaßt werden und betrifft z. B. Oberflächeneigenschaften der betrachteten Objekte (Rauheit, Glanz) oder dgl. Nach der Ermittlung der Zusatzparameter (47) folgt die eigentliche Regelung/Klassifizierung des Fuzzy-Control. Bei der Fuzzy-Inferenz 48 werden die gewünschten Farbmerkmale eines segmentierten Objekts mit Hilfe von "WENN-DANN"-Regeln eines Fuzzy-Reglers berechnet.

Die Implementierung der "WENN-DANN-Regeln" erfolgt beispielsweise gemäß folgendem Schema (sog. Fuzzy-Inferenz):

WENN Farbwerte des ausgewählten Objektes = $(x_1/x_2/x_3)$
und Kontrastbeziehungen zum Umfeld = . . .
(z. B. Farbwerte des ersten angrenzenden Objektes = $y_1/y_2/y_3$)
und Werte der Beleuchtung = . . .
und . . .

. . .
DANN wird das ausgewählte Objekt mit der Farbwahrnehmung (z. B. Blau, Hell, gesättigt usw.) wahrgenommen und besitzt das Objekt einen Abstand von x Metern und ist y Zentimeter hoch und z breit, usw.

Bei diesem Schema können alle Informationen bekannter Wahrnehmungsmodelle und auch zeitliche Objektänderungen berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung des Expertenwissens (47d) können Te-

streihen mit normalsichtigen Versuchspersonen ermittelt werden, die unter Verwendung von Fuzzy-Regeln (ggf. iterativ) bei der Fuzzy-Inferenz 48 implementiert werden.

Das Ergebnis der Fuzzy-Inferenz 48 wird bei der Datenausgabe 45b zur weiteren Verarbeitung vorbereitet.

Der in Fig. 4 angegebene Schritt 49 bezeichnet eine weitere Modifizierung des erfindungsgemäßen Verfahrens durch die Kombination der Fuzzy-Methoden mit neuronalen Netzwerken, wodurch eine Lernfähigkeit des Systems erzielt wird. Es kann vorgesehen sein, daß das neuronale Netz zusätzlich unmittelbar nach der Datenerfassung (Bilderfassung) oder nach der Segmentierung eingebaut wird, um gelernte und nicht gelernte Bilddatensätze unterscheiden zu können.

Die Ergebnisausgabe 50 (s. Fig. 1) erfolgt anwendungsabhängig in Datenform, als Anzeige oder als Ansage, oder mit mechanischen, durch den Nutzer fühlbaren Mitteln. Im medizinischen Bereich erfolgt vorzugsweise der Einsatz eines Text-Sprach-Konverters, um die ermittelte Farbwahrnehmung mit einem Kopfhörer oder Lautsprecher hörbar zu machen, so daß die betroffene Person Informationen über die Farbe, Größe, Position und/oder Entfernung der im Gesichtsfeld befindlichen Objekte erhält. Die Benennung von Farben erfolgt vorzugsweise zu Klassen von Farbnamen, die in den meisten Kulturen verwendet werden und z. B. von B. Berlin, P. Kay et al. ("Basic Color Terms: Their Universality and Evolution", Berkeley, CA; University of California Press) und I. C. McManus ("Half-a-Million Basic Color Words - Berlin and Kay and the Usage of Color Words in Literature and Science", Perception 1997, VL 26(N3), 367-370) beschrieben sind. Die Ergebnisausgabe kann auch mit einer mechanischen wirksamen Orientierungshilfe implementiert werden, wie sie in "Bild der Wissenschaft" (8/1998, S. 10) beschrieben ist.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt gemäß der in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform eine Datenaufnahme-einrichtung 1 (z. B. Kamera, Scanner oder spektroskopische Anordnung), eine Datenerfassungs-Einheit 2, in der das RGB-Bild bestimmt wird, eine Transformations- und Recheneinheit 3, in der die Transformation des RGB-Bildes in einem geeigneten Zielfarbraum erfolgt, eine Segmentierungseinheit 4 zur Ermittlung des Bildbereiches, für den nachfolgend in der Fuzzy-Einheit 5 die Farbwahrnehmung ermittelt werden soll. Zur Ergebnisausgabe ist die Fuzzy-Einheit mit einer Datenausgabe 6 (z. B. in Form eines Displays, Druckers und/oder Audiogerätes) verbunden. Die Komponenten 2, 3, 4 und 5 der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind vorzugsweise in einen als Mikrocomputer integriert ausgeführt. Die Transformations- und Recheneinheit 3 ist bei technischen-industriellen Anwendungen vorzugsweise mit einer Anzeigeeinheit 3a verbunden, die zur Darstellung des Bildes der aufgenommenen Szene in der Farbtonenebene eingerichtet ist. Die Anzeigeeinheit 3a ist entweder ein Zusatzmonitor oder in die Ausgabeeinheit 6 integriert.

Das erfindungsgemäße Farbwahrnehmungssystem kann wie folgt modifiziert werden. Es kann vorgesehen sein, beim Fuzzy-Control die einzelnen Pixel nicht als Tripel, sondern allgemein als Merkmalsvektoren zu betrachten, die neben den drei Farbparametern weitere, höhere Dimensionen, wie z. B. Wahrnehmungsparameter (z. B. Glanz, Oberflächeneigenschaften und dgl.) enthalten. Diese Fähigkeit zur Verallgemeinerung bzw. zur Einführung weiterer Parameter stellt einen besonderen Vorteil der Erfindung dar. Herkömmliche Analysen von Bildszenen in angepaßten Wahrnehmungsräumen sind häufig an einen bestimmten Effekt bei der Bildwahrnehmung angepaßt und nur beschränkt modifizierbar. Erfindungsgemäß kann hingegen jeder neue Wahrneh-

mungseffekt durch Erhöhung der Anzahl der "WENN-DANN-Regeln", der linguistischen Temre (Wahrnehmungsbenennungen) und/oder der Parameterzahl oder verschiedene Fuzzy-Regelungsverfahren in den beim Fuzzy-Control eingeführten Vektoren berücksichtigt werden, ohne daß die ursprünglichen Parameter verloren gehen und die bis dahin erreichte Präzision abnimmt.

Wegen der bevorzugten Anwendung als Sehhilfe wurde oben bei der Bildaufnahmeeinrichtung auf eine farbige Bildaufnahme auf der Basis von RGB-Arrays Bezug genommen. Die menschliche Retina enthält drei Zapfenarten mit jeweils breitbandigen, sich überlappenden Spektren. Bei nicht-medizinischen Anwendungen kann jedoch ein Interesse bestehen, eine höhere Spektral-Auflösung einzuführen, so daß statt einer RGB-Bildaufnahme eine Bildaufnahme mit Spektren-Arrays mit einer größeren Anzahl spektraler Empfindlichkeitsmaxima durchgeführt wird. Ferner kann statt der zweidimensionalen Bildaufnahme eine dreidimensionale Bildabtastung oder analog zur menschlichen Wahrnehmung die Bildaufnahme mit zwei Kameras unterschiedlicher Positionen (Paralaxe) vorgesehen sein. Dadurch wird bei der Objekterfassung die Tiefeninformation berücksichtigt. Bei der sprachkonvertierten Ergebnisausgabe können Zusatzinformationen zu den betrachteten Objekten wie z. B. "links", "rechts", "oben", "unten" oder "Mitte" ausgegeben werden.

Die erfindungsgemäße Farberkennung kann mit einer Schrifterkennung kombiniert werden, z. B. unter Verwendung des Programms "Corel OCR-Trace". In diesem Fall erfolgt neben der Farbwahrnehmungsausgabe auch eine Sprachausgabe erfaßter Worte in einer Bildszene (z. B. Schilder o. dgl.).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Objekterfassung, mit den Schritten:
 - Daten- oder Bildaufnahme, bei der aus einer Abbildung einer Szene Bilddaten ermittelt werden, und
 - Farbklassifizierung für mindestens ein vorbestimmtes Objekt, wobei ein für das gesamte Objekt im wesentlichen konstanter, mittlerer Farbparameter mit einem Fuzzy-Clustering-Verfahren und/oder einer Fuzzy-Control-Klassifizierung einer Farbklassifizierung unter einer Vielzahl von Farbklassen in einem vorbestimmten Farbraum zugeordnet wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem zur Ermittlung des Objekts nach der Bildaufnahme eine Bildsegmentierung durchgeführt wird, bei der ausgehend von einem vorbestimmten Startpixel alle Bilddaten zu einem Objekt zusammengefaßt werden, die sich in Bezug auf ein vorbestimmtes Farbmerkmal weniger als ein definierter Schwellwert von dem Farbmerkmal des Startpixels unterscheiden.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, bei dem die Bilddaten nach der Bildaufnahme in einen für die Segmentierung angepaßten Farbraum transformiert werden.
4. Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem die Bilddaten nach der Bildaufnahme R-G-B-Daten umfassen, die zur Segmentierung in einen vorbestimmten Farbraum transformiert werden, wobei das zur Segmentierung betrachtete Farbmerkmal ein in diesem Farbraum gegebener Parameter ist, der über die Fläche des betrachteten Objekts im wesentlichen unveränderlich ist.
5. Verfahren gemäß Anspruch 4, bei dem die Transformation in den HSL- oder $L^*h_{ab}C^*_{ab}$ -Raum erfolgt und das zur Segmentierung betrachtete Farbmerkmal der

Farbton-Parameter des HSL- oder $L^*h_{ab}C^*_{ab}$ -Raumes ist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 4 oder 5, bei dem, falls mit der Bildsegmentierung mit einem Farbmerkmal das betrachtete Objekt nicht abgegrenzt werden kann, weitere Farbmerkmale oder Bildmerkmale wie z. B. Kanten berücksichtigt werden.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, bei dem die weiteren Farbmerkmale die Helligkeit und/oder die Farbsättigung umfassen.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Klassifizierung der Objektfarbe nach dem Fuzzy-Clustering die Fuzzy-Control-Klassifizierung umfaßt, bei der zur Ermittlung der Farbklassifizierung des betrachteten Objekts weitere Farbeigenschaften oder geometrische Eigenschaften des Bildes berücksichtigt werden.

9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach der Klassifizierung der Objektfarbe eine Ergebnisausgabe zur Darstellung der ermittelten Farbklassifizierung auf einer Anzeige oder in Audio-Form erfolgt.

10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das als Sehhilfe für Personen mit einer Sehbehinderung verwendet wird.

11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zusätzlich zur Klassifizierung der Objektfarbe auch geometrische Eigenschaften mindestens eines Objekts der abgebildeten Szene erfaßt werden.

12. Vorrichtung zur Objekterfassung, die eine Bildaufnahmeeinrichtung (1) zur Bildaufnahme einer Szene, eine Datenerfassungs-Einheit (2) zur Erzeugung von Bilddaten, eine Transformations- und Recheneinheit (3), eine Fuzzy-Recheneinheit (5) zur Ermittlung einer Farbklassifizierung aus den Bilddaten und eine Datenausgabe (6) umfaßt.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der eine Segmentierungseinheit (4) zur Auswahl eines vorbestimmten Objektes der Szene vorgesehen ist, das in der Fuzzy-Recheneinheit (5) einer Farbklassifizierung unterzogen wird.

14. Verwendung einer Vorrichtung gemäß einem Ansprüche 12 oder 13 zur Realisierung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

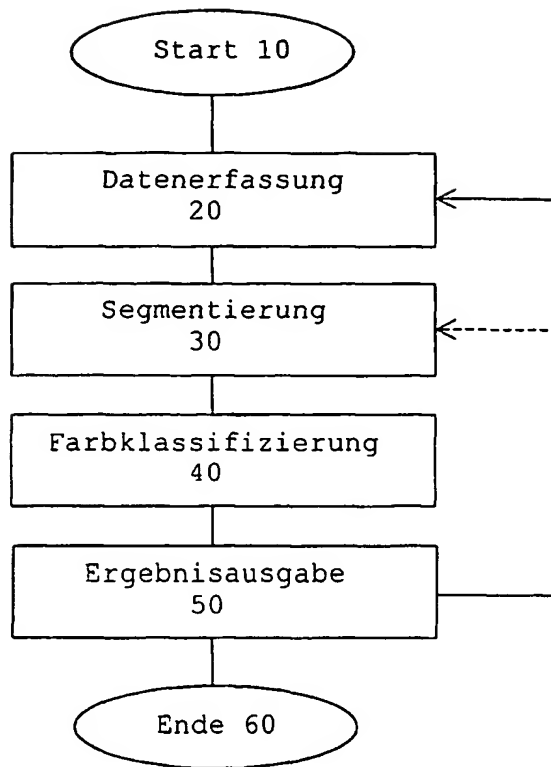


Fig. 1

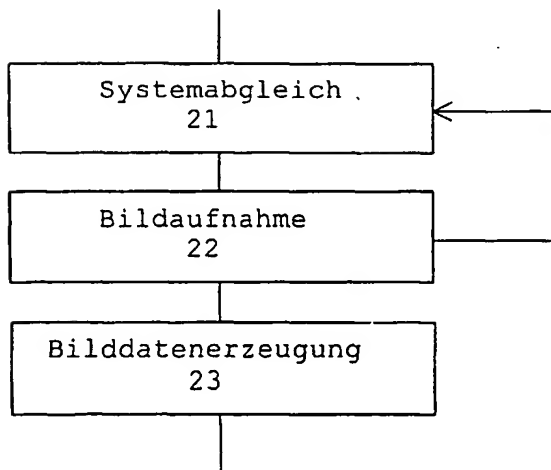


Fig. 2

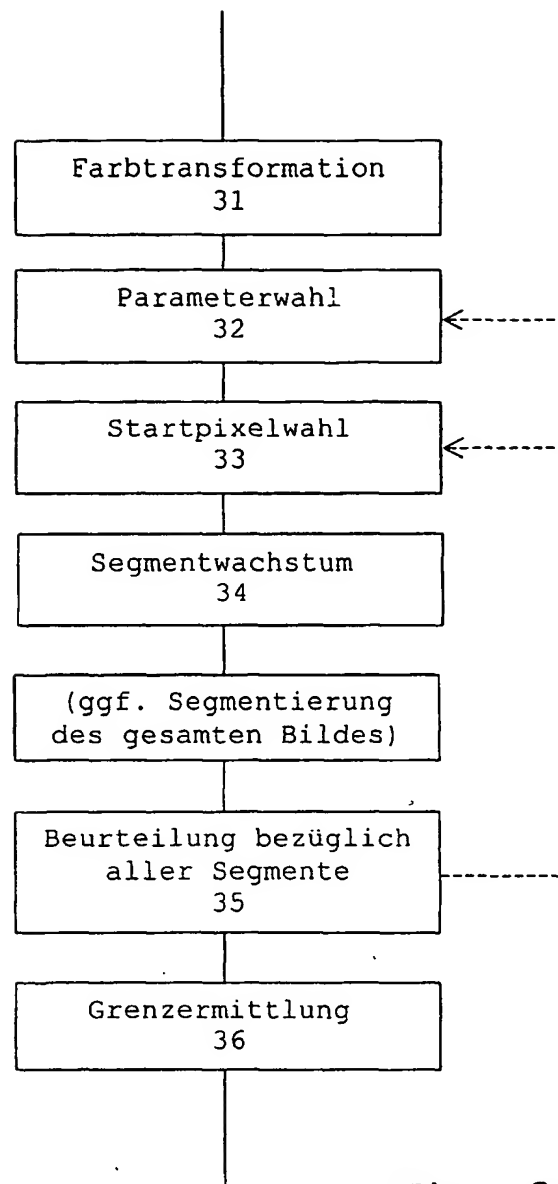


Fig. 3

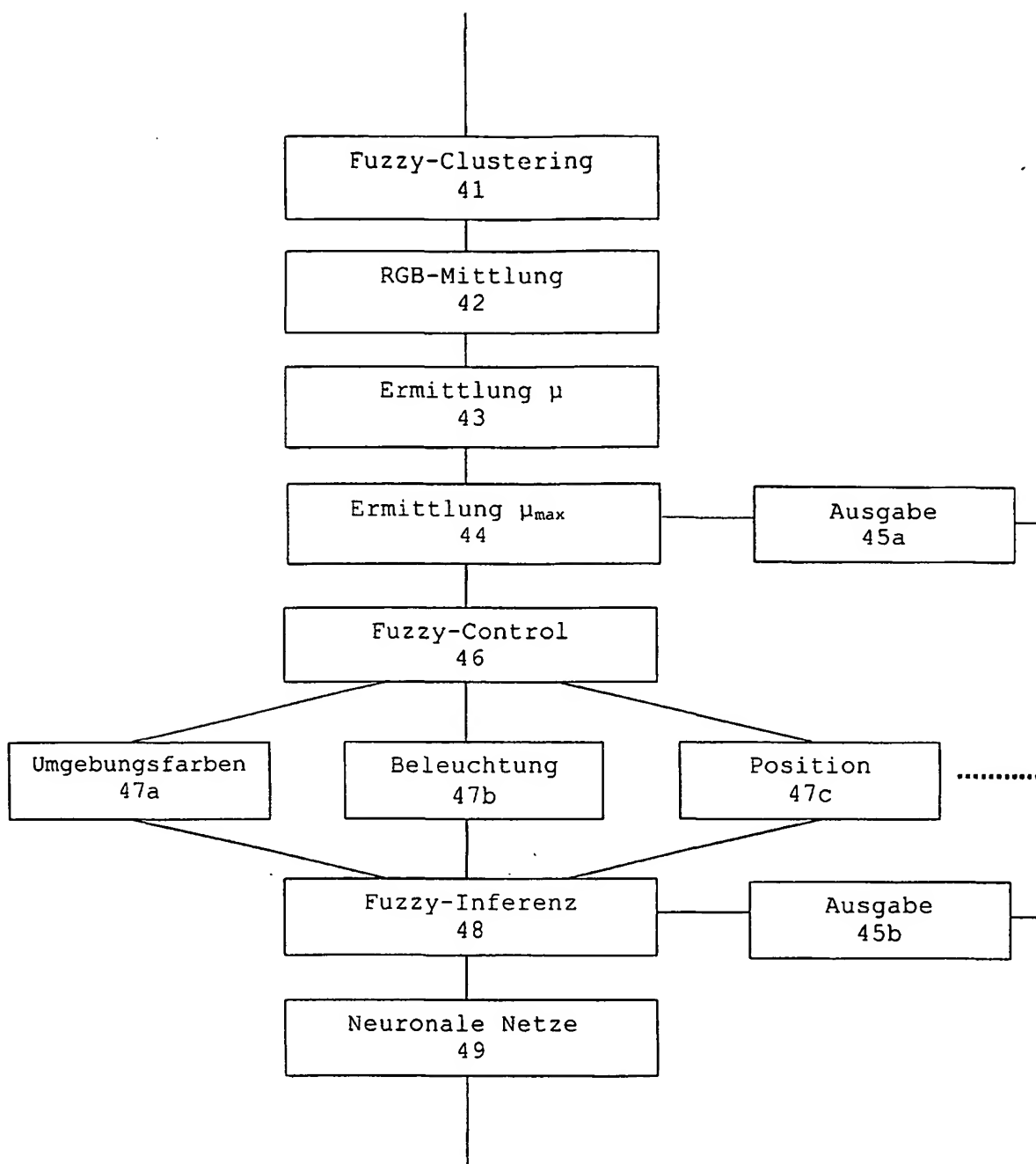


Fig. 4

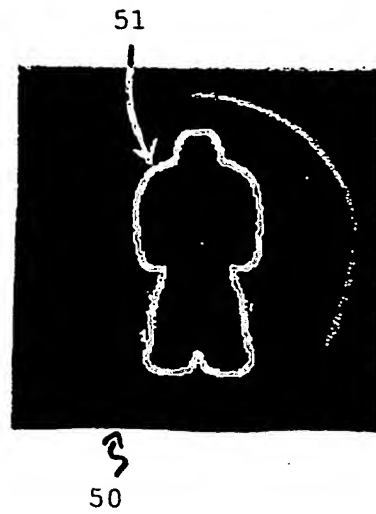


Fig. 5

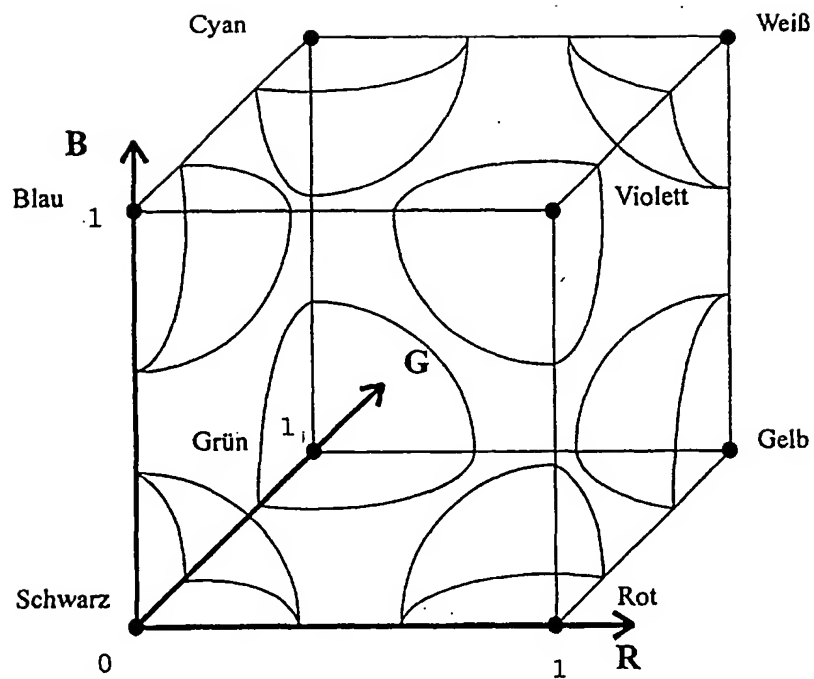


Fig. 6

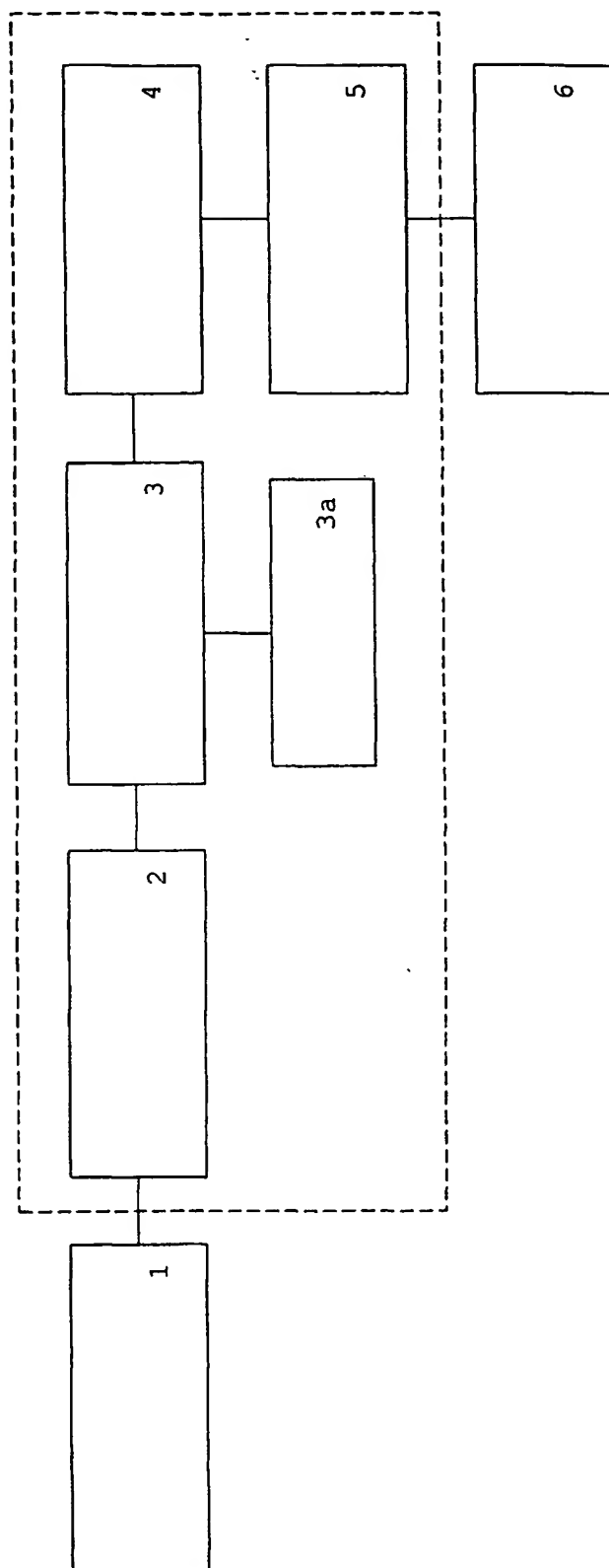


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.